

DOCKET NO.: 221694US2PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Tomohiro ONDA, et al.  
 SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION  
 FILED: HERewith  
 INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/06949  
 INTERNATIONAL FILING DATE: October 5, 2000  
 FOR: BODY FAT MEASURING METHOD AND DEVICE THEREFOR

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
 AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Assistant Commissioner for Patents  
 Washington, D.C. 20231

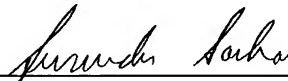
Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
Japan	11-294431	15 October 1999
Japan	2000-001917	07 January 2000
Japan	2000-001921	07 January 2000

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP00/06949. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,  
 OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
 MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
 Attorney of Record  
 Registration No. 24,913  
 Surinder Sachar  
 Registration No. 34,423



**22850**

(703) 413-3000  
 Fax No. (703) 413-2220  
 (OSMMN 1/97)

NOT 30101

#2  
7

EWU

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JPC0/06949  
05.10.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 1月 7日

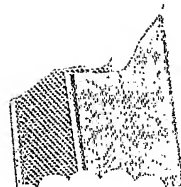
出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-001917

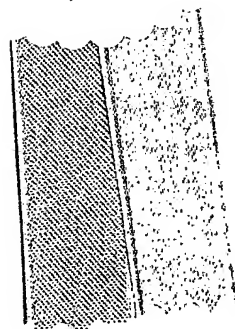
出 願 人  
Applicant(s):

花王株式会社

REC'D 28 NOV 2000	
WIPO	PCT



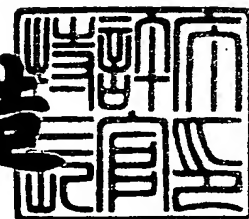
**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



2000年11月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3092598

【書類名】 特許願

【整理番号】 P99-989

【提出日】 平成12年 1月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 5/05

【発明の名称】 体脂肪測定方法

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 恩田 智彦

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 福原 正樹

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 槇 和男

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
究所内

【氏名】 山口 亨

【特許出願人】

【識別番号】 000000918

【氏名又は名称】 花王株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100087365

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】 100079946

【弁理士】

【氏名又は名称】 横屋 赳夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 体脂肪測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第 3 及び第 4 電流用電極間の略中間の位置に前記被測定体の外周長に比ベ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 測定用電極間に発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する算出ステップと、

を備える体脂肪測定方法。

【請求項 2】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第 3 及び第 4 電流用電極間の略中間の位置に前記被測定体の外周長に比ベ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 測定用電極間に発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する算出ステップと、

を備える体脂肪測定方法。

【請求項 3】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記

第 1 電流用電極を配置した位置又はその近傍に配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する算出ステップと、

を備える体脂肪測定方法。

【請求項 4】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記第 1 電流用電極を配置した位置又はその近傍に配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する算出ステップと、

を備える体脂肪測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪、及び人体の内部に存在する内臓脂肪を簡便且つ高精度で測定する体脂肪測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

媒体の電気インピーダンスの違いを利用して、三次元物体中の媒体の空間分布を導出する方法として、測定対象の物体に電流を印加し、物体の表面上に誘起した電位分布から物体の内部のインピーダンス分布を画像化するインピーダンスCT法が知られている。この技術は、生体中の血液、肺、脂肪等の分布の測定に応用されつつある（日本ME学会BME Vol.8, No.8(1994)p.49）。

【0003】

インピーダンスCT法の外、電気インピーダンスの測定によって皮下脂肪量並びに内臓脂肪量を測定する装置として、特開平11-113870号公報に記載



された体脂肪測定装置（従来技術 1）や特開平 1 1 - 1 2 3 1 8 2 号公報に記載された体内脂肪計（従来技術 2）がある。従来技術 1 に記載の体脂肪測定装置は、複数の電極を体表面に装着し、電極間のインピーダンスを計測し電極装着部位断面のインピーダンス行列を生成し、演算手段が入力手段からの装着部位情報に応じた係数行列との積を求めて対象断面の体脂肪分布を算出している。また、従来技術 2 に記載の体内脂肪計は、被験者の腹部の周囲に巻き付けた巻帯の内側に略等間隔でそれぞれ電流路形成電極及び計測用電極を有する電極対を設け、選択した 2 つの電極対の電流路形成電極間に交流を流して電流路を形成し、計測用電極は、形成された電流路におけるインピーダンスを計測する。2 つの電極対を適宜選択することで、隣接する電極対間では主として測定部位の皮下脂肪を計測し、対向する電極間では主として測定部位の内臓脂肪を計測している。

#### 【 0 0 0 4 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

インピーダンス CT 法を体脂肪測定に応用した装置では、体表面に誘起された電位から体内の脂肪分布を推定できる空間分解能が十分でないため、体脂肪量の定量的算出が難しく、しかも、その算出に大規模な数値計算が必要であった。

#### 【 0 0 0 5 】

従来技術 1 の体脂肪測定装置は、装着部位に応じた係数行列の具体的生成方法及びインピーダンス行列と係数行列との積から対象断面の体脂肪分布画像を生成する具体的方法に関する記載が無い。

#### 【 0 0 0 6 】

従来技術 2 の体内脂肪計は、測定部位の皮下脂肪量を測定できるが、測定量には、人体の内部に存在する他の媒体の量や分布の影響が含まれ、精度が不十分であった。また、人体内部の内臓脂肪を測定しようとしても、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の影響が非常に大きく内臓脂肪量を十分な精度で測定できなかった。

#### 【 0 0 0 7 】

本発明は、簡便且つ高精度に、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚み、断面積又は体積等の皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪量を測定す

ることができる体脂肪測定方法を提供することを課題とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の体脂肪測定方法は、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び被測定体の外周上で第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流し被測定体の外周上で第 3 及び第 4 電流用電極間の略中間の位置に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 測定用電極間に発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、第 1 電圧及び第 2 電圧に基づき被測定体の皮下脂肪量を算出する算出ステップとを備える。

【 0 0 0 9 】

また、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び被測定体の外周上で第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、第 1 電流用電極を配置した位置又はその近傍に配置された第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定する測定ステップと、第 1 電圧及び第 2 電圧に基づき被測定体の内臓脂肪量を算出する算出ステップとを備える。

【 0 0 1 0 】

なお、本発明では、被測定体の内部に存在する脂肪量のことを便宜上総称して内臓脂肪量と呼び、それは内臓周囲に付着した本来の内臓脂肪量その他、肝脂肪など体内に存在する脂肪一般の量をさすものとする。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

(第 1 の実施の形態)

第 1 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の表面近傍に層状に

存在する皮下脂肪の厚み、面積、体積、重量等の皮下脂肪量を測定する。

#### 【0012】

図1(a)に示す第1の実施の形態の第1実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体1の例えば腹部の外周上に、該人体1を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極2、3と、電流源4と、電極3の近傍に配置した第1測定用電極5と、人体1の外周上で二つの電流用電極2-3間の略中間の位置に配置した第2測定用電極6と、測定用電極5-6間に発生した第1電圧を測定する電圧計7を備える。図1(b)に示す体脂肪測定装置は、人体1の外周上に人体1を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極11、12と、電流源4と、人体1の外周上で二つの電流用電極11-12間の略中間の位置に外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極13、14と、二つの測定用電極13-14間に発生する第2電圧を測定する電圧計7を備える。さらに、図1に示す体脂肪測定装置は、電圧計7で測定された第1電圧と第2電圧に基づき人体1の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚みを算出する体脂肪算出部26を備える。体脂肪算出部26は、コンピュータで構成する。人体1は、被測定媒体である皮下脂肪8、皮下脂肪8とはインピーダンスが異なる筋肉等の非脂肪9、非脂肪9とはインピーダンスが異なる内臓脂肪10からなる。電極2と電極11並びに電極3と電極12はそれぞれ同一電極でも良く、電流用電極11、12の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺に配置できる。

#### 【0013】

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図1(a)に示す測定装置において、第1及び第2電流用電極3-2間に電流を流し、第1測定用電極5及び第2測定用電極6に発生する第1電圧を電圧計7で測定する。次に、図1(b)に示す測定装置において、第3及び第4電流用電極11-12間に電流を流し、第3及び第4測定用電極13-14間に発生する第2電圧を電圧計7で測定し、体脂肪算出部26は、電圧計7で測定された第1電圧と第2電圧に基づき電極3近傍の皮下脂肪8の厚みを算出する。第1電圧は、およそ、電極3近傍の皮下脂肪8に起因する電圧降下と内臓脂肪10に起因する電圧降下の和からなり、第2電圧は、およそ、内臓脂肪10による電圧降下に起因するため、第1電圧から第2電圧

を差し引くことで電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で求められる。なお、第 1 電圧、第 2 電圧の各電圧の測定順番は問われず、第 2 電圧を測定した後に第 1 電圧を測定してもよい。

#### 【0014】

電流源 4 は直流電源、交流電源の何れでも良い。電流源 4 が交流電源である場合、電圧計 7 での電圧値（電圧の振幅又は実効値）の測定の際に位相遅れを同時に測定してもよく、その場合、測定した位相遅れをデータ解析に利用できる。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、周波数は、通常 10 kHz ～ 500 kHz を用いることができ、特に 50 kHz ～ 200 kHz を用いるのが好ましい。

#### 【0015】

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み  $d$  を算出するために、第 1 電圧  $V_1$  並びに第 2 電圧  $V_2$  と皮下脂肪の厚み  $d$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、種々の厚み  $d$  を持った複数のサンプルを用意し、それらに対して図 1 (a) の方法で測定した電圧値  $V_1$  並びに図 1 (b) の方法で測定した電圧値  $V_2$  と、実際の厚み  $d$  との相関式を作成する。電圧値  $V_1$  の測定及び電圧値  $V_2$  の測定では、それぞれ、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し得られた電圧値を同一の電流量を流したときに発生する電圧値に換算する。また、実際の厚み  $d$  を測定する方法には、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から皮下脂肪の厚みを求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接厚みを測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いても良い。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  を用いて、 $d = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V_1$  と  $V_2$  とから相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み  $d$  を算出できる。

#### 【0016】

図 1 (a) において、電流用電極 3 と測定用電極 5 との距離は最適な範囲に設定することが好ましい。電流用電極 3 と測定用電極 5 との距離があまり大きいと

、皮下脂肪 8 での電圧降下が測定電圧  $V_1$  に占める割合が少なくなり、測定精度が悪くなる。また、皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感度が悪くなる。距離があまり小さいと、皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、また電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値  $V_1$  に影響して好ましくない。電流用電極 3 と測定用電極 5 との距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の厚みの 0.3 ～ 3 倍にするのが好ましい。図 1 (b) において、測定用電極 13 と測定用電極 14 との距離も最適な範囲に設定することが好ましい。電極 13 と電極 14 との距離が小さすぎると、電極 13 - 14 間に十分な電位差が発生せず、測定感度上好ましくない。この観点から、電極 13 - 14 間の距離は通常 3 cm 以上であることが好ましい。一方、電極 13 と電極 14 との距離が大きすぎると、測定電圧に皮下脂肪 8 の分布や量の影響が現れるため、電極間距離は外周長の  $1/6$  以下であることが好ましい。

## 【0017】

次に、第 2 実施例を説明する。第 2 実施例の体脂肪測定装置は、図 1 に示す第 1 実施例の測定装置に図 2 (a) 又は図 2 (b) に示す測定装置を追加した。図 2 (a) に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極 15, 16 と、電流源 4 と、電極 15 の近傍に配置した測定用電極 17 と、人体 1 を挟んで電流用電極 15, 16 と略反対側の位置に配置した測定用電極 18 と、測定用電極 17 - 18 間に発生した第 3 電圧を測定する電圧計 7 と、体脂肪算出部 26 とを備える。図 2 (b) に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極 15, 16 と、電流源 4 と、電極 15, 16 の近傍に配置した測定用電極 17, 19 と、測定用電極 17 - 19 間に発生した第 3 電圧を測定する電圧計 7 と、体脂肪算出部 26 とを備える。体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき皮下脂肪 8 の厚みを算出する。電極 15 と電極 16 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に電極 15 又は電極 16 が電極 3 と同一でも良い。

## 【0018】

次に体脂肪測定方法を説明する。図 2 (a) に示す測定装置において、電極 15 - 16 間に電流を流し、第 1 測定電極 17 及び第 2 測定用電極 18 の間に発生した第 3 電圧を電圧計 7 で測定する。図 2 (b) に示す測定装置において、二つの電流用電極 15, 16 間に電流を流し、二つの測定用電極 17 - 19 間に発生した第 3 電圧を電圧計 7 で測定する。体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みを算出する。第 3 電圧は、主に電極 15, 16 近傍すなわち電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因するため、第 3 電圧を第 1 実施例の第 1 電圧、第 2 電圧と組み合わせることでさらに精度良く電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みを測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 3 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

## 【 0 0 1 9 】

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み  $d$  を算出するために、第 1 電圧  $V_1$ 、第 2 電圧  $V_2$ 、第 3 電圧  $V_3$  と皮下脂肪の厚み  $d$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  を用いて、 $d = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_3 \cdot V_3$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  とから相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み  $d$  を算出できる。

## 【 0 0 2 0 】

図 2 において、電流用電極 15 と電流用電極 16 との間の距離は、外周長の  $1/6$  未満であることが好ましく、 $1/8$  以下であることがさらに好ましい。電流用電極 15 - 16 間の距離が大きすぎると、多くの電流が人体内部にも流れ込み、測定電圧値  $V_3$  に非脂肪 9、内臓脂肪 10 の分布や量の影響が現れる。電流用電極 15 - 16 間の距離が小さすぎると、皮下脂肪 8 の厚みが厚い時には測定感度が悪くなり、しかも電極の形状やサイズの影響が測定電圧値  $V_3$  に現れて好ましくない。図 2 において、電流用電極 15 と測定用電極 17 との距離も最適な範囲に設定することが好ましい。電流用電極 15 と測定用電極 17 との距離があまり大きいと、皮下脂肪 8 での電圧降下が測定電圧  $V_3$  に占める割合が少なくなり、測定精度が悪くなる。また、皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感

度が悪くなる。距離があまり小さいと、皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、また電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値  $V_3$  に影響して好ましくない。電流用電極 1 5 と測定用電極 1 7 との距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の厚みの 0.3 ～ 3 倍にするのが好ましい。図 2 (b) における電流用電極 1 6 と測定用電極 1 9 との距離も同様である。

#### 【 0 0 2 1 】

次に、第 3 実施例を説明する。第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 3 に示す測定装置と図 1 (b) に示す測定装置とから構成される。図 3 に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、電極 3 の近傍に配置した測定用電極 5 と、電極 2 の近傍に配置した測定用電極 2 0 と、測定用電極 5 - 2 0 間に発生した第 1 電圧を測定する電圧計 7 を備える。図 1 (b) の電圧計 7 は測定用電極間 1 3 - 1 4 間に発生する第 2 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき皮下脂肪 8 の厚みを算出する。電極 2 と電極 1 1 並びに電極 3 と電極 1 2 はそれぞれ同一電極でも良い。

#### 【 0 0 2 2 】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 3 に示す測定装置において、第 1 及び第 2 電流用電極 3 - 2 間に電流を流し、第 1 測定用電極 5 と第 2 測定用電極 2 0 との間に発生する第 1 電圧を電圧計 7 で測定する。次に、図 1 (b) の電圧計 7 は測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生する第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき電極 3 近傍の皮下脂肪の厚みと電極 2 近傍の皮下脂肪の厚みの和を算出する。第 1 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下と内臓脂肪 1 0 に起因する電圧降下と電極 2 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下の和からなり、第 2 電圧は、およそ、内臓脂肪 1 0 による電圧降下に起因するため、第 1 電圧から第 2 電圧を差し引くことで電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚みの和を高精度に求めることができる。なお、第 1 電圧、第 2 電圧の各電圧の測定順番は問わず、第 2 電圧を測定した後第 1 電圧を測定してもよい。

## 【 0 0 2 3 】

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み  $d$  と電流用電極 2 近傍での厚み  $d'$  の和  $d + d'$  を算出するために、第 1 電圧  $V_1$ 、第 2 電圧  $V_2$  と皮下脂肪の厚み  $d + d'$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$  を用いて、 $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V_1$ 、 $V_2$  とから相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み  $d + d'$  を算出できる。

## 【 0 0 2 4 】

図 3 において、第 1 電流用電極 3 と第 1 測定用電極 5 との距離については、第 1 実施例（図 1（a））で説明したように設定するのが好ましく、また、第 2 電流用電極 2 と第 2 測定用電極 20 との距離も同様である。

## 【 0 0 2 5 】

次に、第 4 実施例を説明する。第 4 実施例の体脂肪測定装置は、第 3 実施例の体脂肪測定装置に図 2（a）又は図 2（b）に示す測定装置と図 4（a）又は図 4（b）に示す測定装置とを追加した。図 2（a）又は図 2（b）の電圧計 7 は測定用電極 17 - 18 又は測定用電極 17 - 19 間に発生する第 3 電圧を測定する。図 4（a）又は図 4（b）に示す測定装置は、電極 2 近傍に電極 21、22 を配置する以外は図 2 に示す測定装置と略同様に構成され、電圧計 7 は測定用電極 23 - 24 又は測定用電極 23 - 25 間に発生する第 4 電圧を測定する。体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 4 電圧に基づき皮下脂肪 8 の厚みを算出する。電極 15 と電極 16 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に、電極 15 又は電極 16 が電極 3 と同一でも良い。電極 21 と電極 22 は電極 2 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に、電極 21 又は電極 22 が電極 2 と同一でも良い。

## 【 0 0 2 6 】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2（a）又は図 2（b）の電圧計 7 で第 3 電圧を測定し、図 4（a）又は図 4（b）の電圧計 7 で第 4 電圧を測定し、体脂肪算出部 26 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 4 電圧に基づき電極 3 近傍の皮下脂肪の厚みと電極 2 近傍の皮下脂肪の厚みの和を算出する。第 3



電圧は、主に電極 15, 16 近傍すなわち電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因し、第 4 電圧は主に電極 21, 22 近傍すなわち電極 2 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因するため、第 3 電圧と第 4 電圧を第 3 実施例の第 1 電圧、第 2 電圧と組み合わせることにより、さらに精度良く電極 3 近傍の皮下脂肪の厚みと電極 2 近傍の皮下脂肪の厚みの和を測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 4 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

## 【0027】

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み  $d$  と電流用電極 2 近傍での厚み  $d'$  の和  $d + d'$  を算出するために、第 1 電圧  $V_1$ 、第 2 電圧  $V_2$ 、第 3 電圧  $V_3$ 、第 4 電圧  $V_4$  と皮下脂肪の厚み  $d + d'$  を関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  を用いて、 $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_3 \cdot V_3 + a_4 \cdot V_4$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V_1, V_2, V_3, V_4$  とから相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み  $d + d'$  を算出できる。

## 【0028】

次に第 5 実施例を説明する。図 5 に示す第 5 実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の外周上の複数の点で皮下脂肪 8 の厚みを自動的に測定する。図 5 において、人体 1 の外周上には複数の電極 27a ~ 27h が配置され、複数の電極 27a ~ 27h は電流電極選択用スイッチ 28 及び電圧電極選択用スイッチ 29 に接続されている。

## 【0029】

データ入力装置 34 から入力された電極選択用データをコンピュータ 36 からの指示で電流電極選択用スイッチ 28 に伝え、電流電極選択用スイッチ 28 によって、複数の電極 27a ~ 27h のうちいずれか二つを電流用電極として選択する。交流発振器 30 の出力を電圧・電流変換器 31 により変換して印加することで、電流用電極間に所定の電流を流すことができる。

## 【0030】

コンピュータ 36 の指示に従って電圧電極選択用スイッチ 29 により残りの電極から選択した測定用電極間の電圧値を差動増幅器 32 及び A/D 変換器 33 を

介してコンピュータ36に取り込む。以上の処理を、コンピュータ36の指示に従って電流用電極を順次選択しながら繰り返す。コンピュータ36に取り込まれた電圧データは標準電流を流したときに発生する電圧値に変換された後、予めデータ入力装置34から入力されていた電圧と皮下脂肪8の厚み $d$ との相関式に当てはめられ、皮下脂肪8の厚み $d$ が求められる。厚み $d$ はコンピュータ36からデータ出力装置35に送られ、表示される。

### 【0031】

ここで、複数の電極27a～27hに対して、図1に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して第1電圧及び第2電圧を測定し、第1実施例と同様な相関式を用いることで、人体1の外周上の複数の点における皮下脂肪8の厚みを高精度で測定できる。また、複数の電極27a～27hに対して、図1及び図2(a)(又は図2(b))に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して第1電圧乃至第3電圧を測定し、第2実施例と同様な相関式を用いることで、人体1の外周上の複数の点における皮下脂肪8の厚みをさらに高精度で測定できる。皮下脂肪8の厚みの測定を人体1の断面に沿った外周の複数点で行い、別に測定した人体1の外周形状のデータと皮下脂肪8の各厚みのデータと組み合わせることで、コンピュータ36によって、人体の該断面における皮下脂肪8のおおよその断面像が得られる。

### 【0032】

また、コンピュータ36によって、人体1の所定断面上での皮下脂肪8の断面積 $S$ を求めることもできる。この場合、電圧値と皮下脂肪8の断面積とを相関付ける相関式を作成する。すなわち、所定断面の外周の $n$ 箇所で測定した第1電圧値 $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ , ...  $V_n(1)$ 及び該断面の外周の $m$ 箇所で測定した第2電圧値 $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ , ...  $V_m(2)$ と、皮下脂肪8の断面積 $S$ との相関式を作成する。さらに、人体1の該断面における周長を別に測定し、該周長も相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。

### 【0033】

第1電圧値と第2電圧値の組( $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ , ...  $V_n(1)$ ,  $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ , ...  $V_m(2)$ )と断面積 $S$ との相関式の作成は電圧と皮下

脂肪 8 の厚み  $d$  との相関関係の作成と同様に行えば良い。人体 1 中の皮下脂肪 8 の断面積  $S$  を求める方法として、例えば、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその断面から測定する方法などがある。相関式は多変量解析方法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a_0, a_1^{(1)}, a_2^{(1)} \dots a_n^{(1)}, a_1^{(2)} \dots a_m^{(2)}$  を用いて、 $S = a_0 + a_1^{(1)} \cdot v_1^{(1)} + a_2^{(1)} \cdot v_2^{(1)} + \dots + a_n^{(1)} \cdot v_n^{(1)} + a_1^{(2)} \cdot v_1^{(2)} + a_2^{(2)} \cdot v_2^{(2)} + \dots + a_m^{(2)} \cdot v_m^{(2)}$  となる。あるいは、周長  $U$  を相関式に取り込んだ場合、相関式は回帰係数  $b$  を用いて、 $S = a_0 + a_1^{(1)} \cdot v_1^{(1)} + a_2^{(1)} \cdot v_2^{(1)} + \dots + a_n^{(1)} \cdot v_n^{(1)} + a_1^{(2)} \cdot v_1^{(2)} + a_2^{(2)} \cdot v_2^{(2)} + \dots + a_m^{(2)} \cdot v_m^{(2)} + b \cdot U$  となる。この相関式を設定することで、未知のサンプルに対して測定された第 1 電圧値と第 2 電圧値の組 ( $v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots v_n^{(1)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots v_m^{(2)}$ ) あるいはそれらの電圧値と周長の組 ( $v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots v_n^{(1)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots v_m^{(2)}, U$ ) から皮下脂肪 8 の断面積  $S$  を算出できる。

## 【0034】

また、皮下脂肪 8 の体積  $B$  を求めることもできる。この場合、前記第 1 電圧値と第 2 電圧値の組 ( $v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots v_n^{(1)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots v_m^{(2)}$ ) と皮下脂肪 8 の体積  $B$  との相関式を作成する。人体 1 の周長  $U$  及び／又は体重  $B_0$  を別に測定し、該周長  $U$  及び／又は該体重  $B_0$  をも相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。皮下脂肪 8 の体積としては、人体の腹部あるいは大腿部や上腕に含まれる体積などが例示される。いずれの場合も、被測定部分の外周表面に電極を配置して測定を行う。

## 【0035】

第 1 電圧値と第 2 電圧値の組 ( $v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots v_n^{(1)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots v_m^{(2)}$ ) と体積  $B$  との相関式の作成は、電圧と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  との相関関係の作成と同様に行えば良い。人体 1 中の皮下脂肪 8 の体積  $B$  を測定する方法としては、X 線 CT 法や MRI 法を用いる方法があ

る。相関式は多変量解析方法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a_0$ ,  $a_1(1)$ ,  $a_2(1) \dots a_n(1)$ ,  $a_1(2)$ ,  $a_2(2) \dots a_m(2)$  を用いて、 $B = a_0 + a_1(1) \cdot V_1(1) + a_2(1) \cdot V_2(1) + \dots + a_n(1) \cdot V_n(1) + a_1(2) \cdot V_1(2) + a_2(2) \cdot V_2(2) + \dots + a_m(2) \cdot V_m(2)$  となる。あるいは、周長  $U$  を相関式に取り込んだ場合には、相関式は回帰係数  $b$  を用いて、 $B = a_0 + a_1(1) \cdot V_1(1) + a_2(1) \cdot V_2(1) + \dots + a_n(1) \cdot V_n(1) + a_1(2) \cdot V_1(2) + a_2(2) \cdot V_2(2) + \dots + a_m(2) \cdot V_m(2) + b \cdot U$ 、人体1の体重  $B_0$  を相関式に取り込んだ場合、相関式は  $B = a_0 + a_1(1) \cdot V_1(1) + a_2(1) \cdot V_2(1) + \dots + a_n(1) \cdot V_n(1) + a_1(2) \cdot V_1(2) + a_2(2) \cdot V_2(2) + \dots + a_m(2) \cdot V_m(2) + b \cdot B_0$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された第1電圧値と第2電圧値の組 ( $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ ,  $\dots V_n(1)$ ,  $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ ,  $\dots V_m(2)$ ) あるいはそれらの電圧値と周長の組 ( $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ ,  $\dots V_n(1)$ ,  $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ ,  $\dots V_m(2)$ ,  $U$ ) あるいはそれらの電圧値と人体1の体重の組 ( $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ ,  $\dots V_n(1)$ ,  $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ ,  $\dots V_m(2)$ ,  $B_0$ ) から、相関式に従って皮下脂肪8の体積  $B$  を算出できる。また、皮下脂肪の体積のかわりに重量を算出することもできる。

#### 【0036】

さらに、図2(a)又は図2(b)に示す電極配置を用いて、所定断面の外周の  $k$  箇所で第3電圧値を測定し、第3電圧値の組 ( $V_1(3)$ ,  $V_2(3)$ ,  $\dots V_k(3)$ ) をも相関式に組み込めば、さらに精度良く皮下脂肪8の断面積  $S$  や体積  $B$  を求めることができる。第1乃至第5の実施例において、複数の電流周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することで、測定結果の信頼性が高まる。

#### 【0037】

##### (第2の実施の形態)

第2の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の内部に存在する内

臓脂肪の量を測定する。

#### 【 0 0 3 8 】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例は、図 1 ( a ) に示す測定装置と図 2 ( a ) ( 又は図 2 ( b ) ) に示す測定装置とから構成される。図 1 ( a ) の電圧計 7 は測定用電極 5 - 6 間に発生する第 1 電圧を測定する。図 2 ( a ) 又は図 2 ( b ) の電圧計 7 は測定用電極 1 7 - 1 8 又は測定用電極 1 7 - 1 9 間に発生する第 2 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき人体 1 の内部にある内臓脂肪 1 0 の量を算出する。電極 1 5 と電極 1 6 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に、電極 1 5 又は電極 1 6 が電極 3 と同一電極でも良く、電流用電極 2 , 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺に配置できる。電流源 4 及び図 1 ( a ) における電極間距離は、第 1 の実施の形態の第 1 実施例で、図 2 における電極間距離は、第 1 の実施の形態の第 2 実施例で説明した通りである。

#### 【 0 0 3 9 】

このように、図 1 ( a ) の電圧計 7 で第 1 電圧を測定し、図 2 ( a ) 又は図 2 ( b ) の電圧計 7 で第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき内臓脂肪 1 0 の量を算出する。第 1 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下と内臓脂肪 1 0 に起因する電圧降下の和からなり、第 2 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因するため、第 1 電圧から第 2 電圧を差し引くことで内臓脂肪 1 0 の量を求めることができる。なお、第 1 電圧、第 2 電圧の各電圧の測定順番は問わず、第 2 電圧を測定した後に第 1 電圧を測定してもよい。

#### 【 0 0 4 0 】

内臓脂肪 1 0 の量の定量的な算出のため、第 1 電圧  $V_1$  並びに第 2 電圧  $V_2$  と内臓脂肪 1 0 の量  $m$  を関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、種々の量  $m$  をもつサンプルを複数用意し、それらに対して図 1 ( a ) の方法で測定した電圧値  $V_1$  並びに図 2 ( a ) 又は図 2 ( b ) の方法で測定した電圧値  $V_2$  と、実際の内臓脂肪量  $m$  の相関式を作成する。電圧値  $V_1$  の測定及び電圧値  $V_2$  の測定では、それぞれ、全てのサンプルで流す電流を

同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し、得られた電圧値を同一の電流量を流したときに発生する電圧値に換算する。実際に内臓脂肪量  $m$  を測定する方法として、X線CT法やMRI法から得られた断層像から断面積や体積を求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接的に断面積や体積を測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いても良い。なお、断層像から断面積を算出する場合、電流の拡がりを考慮して、該断面だけでなく、その近傍の断層像をも撮影し、それらの複数枚の断層像の平均から内臓脂肪の断面積を算出すると精度が向上する。相関式は多変量解析方法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2$  となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値  $V_1$  と  $V_2$  とから相関式に従って内臓脂肪量  $m$  を算出できる。

## 【0041】

内臓脂肪量  $m$  の表示法としては、内臓脂肪 10 の断面積や体積の他、人体 1 の全断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比、又は、周囲の非脂肪 9 の断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比、又は、内臓脂肪 10 の断面積を人体の周長の二乗で割った値などから最適なものを適宜選択できる。測定電圧値  $V_1$ ,  $V_2$  と最も相関の良いものを実際の測定において選択すれば良い。内臓脂肪量  $m$  として内臓脂肪 10 の断面積を選択し、測定電圧値  $V_1$  及び／又は  $V_2$  に、人体 1 の断面積又は周囲の非脂肪 9 の断面積又は人体の周長の二乗などの量  $w$  を乗じて相関式を作成しても良い。この時の相関式は、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot w - a_2 \cdot V_2 \cdot w$  となる。

## 【0042】

次に、第2実施例を説明する。第2実施例の体脂肪測定装置は、第1実施例の測定装置に図1(b)に示す測定装置を追加した。図1(b)の電圧計7は測定用電極13-14間に発生する第3電圧を測定する。体脂肪算出部26は、電圧計7で測定された第1電圧乃至第3電圧に基づき内臓脂肪10の量を算出する。電極2と電極11並びに電極3と電極12はそれぞれ同一電極でも良い。

## 【0043】

このように、図 1 (b) の電圧計 7 で第 3 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき内臓脂肪 1 0 の量を算出する。第 3 電圧は、主に内臓脂肪 1 0 による電圧降下に起因するため、第 3 電圧を第 1 実施例の第 1 電圧、第 2 電圧と組み合わせることにより、さらに精度良く内臓脂肪 1 0 の量を測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 3 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

## 【 0 0 4 4 】

内臓脂肪 1 0 の量  $m$  を算出するために、第 1 電圧  $V_1$ 、第 2 電圧  $V_2$ 、第 3 電圧  $V_3$  と内臓脂肪の量  $m$  とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_3 \cdot V_3$  となる。相関式が設定されれば、内臓脂肪量の未知のサンプルに対して、電圧値  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  とから相関式に従って内臓脂肪量  $m$  を算出できる。図 1 (b) における電極間距離については、第 1 の実施の形態の第 1 実施例で説明した通りである。

## 【 0 0 4 5 】

次に第 3 実施例を説明する。第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 3 に示す測定装置と図 2 (a) 又は図 2 (b) に示す測定装置と図 4 (a) 又は図 4 (b) に示す測定装置とから構成される。図 3 の電圧計 7 は測定用電極 5 - 2 0 間に発生する第 1 電圧を測定する。図 2 (a) (又は図 2 (b)) の電圧計 7 は測定用電極 1 7 - 1 8 (又は測定用電極 1 7 - 1 9) 間に発生する第 2 電圧を測定する。図 4 (a) (又は図 4 (b)) の電圧計 7 は測定用電極 2 3 - 2 4 (又は測定用電極 2 3 - 2 5) 間に発生する第 3 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 6 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき内臓脂肪 1 0 の量を算出する。電極 1 5 と電極 1 6 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に、電極 1 5 又は電極 1 6 が電極 3 と同一でも良い。電極 2 1 と電極 2 2 は電極 2 を配置した位置又はその近傍に配置し、特に、電極 2 1 又は電極 2 2 は電極 2 と同一でも良い。

## 【 0 0 4 6 】

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 3 の電圧計 7 で第 1 電圧を測定し、

図2 (a) (又は図2 (b)) の電圧計7で第2電圧を測定し、図4 (a) (又は図4 (b)) の電圧計7で第3電圧を測定し、体脂肪算出部26は、電圧計7で測定された第1電圧乃至第3電圧に基づき内臓脂肪10の量を算出する。第1電圧は、およそ、電極3近傍の皮下脂肪8に起因する電圧降下と内臓脂肪10に起因する電圧降下と電極2近傍の皮下脂肪8に起因する電圧降下の和からなり、第2電圧は、およそ、電極3近傍の皮下脂肪8による電圧降下に起因し、第3電圧は、およそ、電極2近傍の皮下脂肪8による電圧降下に起因するため、第1電圧から第2電圧と第3電圧を差し引くことで内臓脂肪10の量を求めることができる。なお、第1電圧乃至第3電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

## 【0047】

内臓脂肪10の量 $m$ の算出のため、第1電圧 $V1$ 、第2電圧 $V2$ 、第3電圧 $V3$ と内臓脂肪の量 $m$ とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数 $a0$ 、 $a1$ 、 $a2$ 、 $a3$ を用いて、 $m = a0 + a1 \cdot V1 - a2 \cdot V2 - a3 \cdot V3$ となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値 $V1$ 、 $V2$ 、 $V3$ とから相関式に従って内臓脂肪量 $m$ を算出できる。電極2近傍の皮下脂肪8の厚みと電極3近傍の皮下脂肪8の厚みがほぼ等しいことが予めわかっている場合には、第2電圧と第3電圧のどちらかの測定を省略しても良い。この時の相関式は例えば $m = a0 + a1 \cdot V1 - a2 \cdot V2$ となる。図3における電極間距離については、第1の実施の形態の第3実施例で説明した通りである。

## 【0048】

次に、第4実施例を説明する。第4実施例の体脂肪測定装置は、第3実施例の測定装置に図1 (b) に示す測定装置を追加した。図1 (b) の電圧計7は測定用電極13-14間に発生する第4電圧を測定する。体脂肪算出部26は、電圧計7で測定された第1電圧乃至第4電圧に基づき内臓脂肪10の量を算出する。電極2と電極11並びに電極3と電極12はそれぞれ同一電極でも良い。

## 【0049】

このように、図1 (b) の電圧計7で第4電圧を測定し、体脂肪算出部26は



、電圧計7で測定された第1電圧乃至第4電圧に基づき内臓脂肪10の量を算出する。第4電圧は、主に内臓脂肪10による電圧降下に起因するため、第4電圧を第3実施例の第1電圧乃至第3電圧と組み合わせることでさらに精度良く内臓脂肪10の量を測定できる。なお、第1電圧乃至第4電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定しても同様な効果が得られる。

## 【0050】

内臓脂肪10の量 $m$ の算出のため、第1電圧 $V_1$ 、第2電圧 $V_2$ 、第3電圧 $V_3$ 、第4電圧 $V_4$ と内臓脂肪の量 $m$ とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は回帰係数 $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 - a_3 \cdot V_3 + a_4 \cdot V_4$ となる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ とから相関式に従って内臓脂肪量 $m$ を算出できる。電極2近傍の皮下脂肪8の厚みと電極3近傍の皮下脂肪8の厚みがほぼ等しいことが予めわかっている場合には、第2電圧と第3電圧のどちらかの測定を省略しても良い。この時の相関式は例えば $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_4 \cdot V_4$ となる。

## 【0051】

次に第5実施例を説明する。図5に示す第5実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体1の内臓脂肪量を自動的に測定する。図5に示すコンピュータ36によって内臓脂肪量 $m$ が求められ、求められた内臓脂肪量 $m$ はコンピュータ36からデータ出力装置35に送られ、表示される。

## 【0052】

ここで、複数の電極27a～27hに対して、図1(a)及び図2(a)（又は図2(b)）に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して $n$ 個の第1電圧 $V_1(1)$ 、 $V_2(1)$ 、... $V_n(1)$ 及び第2電圧 $V_1(2)$ 、 $V_2(2)$ 、... $V_n(2)$ を測定し、第1実施例と同様な相関式 $m = a_0 + a_1(1) \cdot V_1(1) + a_2(1) \cdot V_2(1) + \dots + a_n(1) \cdot V_n(1) - a_n(2) \cdot V_1(2) - a_2(2) \cdot V_2(2) - \dots - a_n(2) \cdot V_n(2)$ を用いることで、内臓脂肪10の量を高精度で測定できる。また、複数の電極27a～27hに対して、図1及び図2(a)（又は図2(b)

)) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、 $n$  個の第 1 電圧  $V_1(1)$ ,  $V_2(1)$ , ...  $V_n(1)$  及び第 2 電圧  $V_1(2)$ ,  $V_2(2)$ , ...  $V_n(2)$ 、 $m$  個の第 3 電圧  $V_1(3)$ ,  $V_2(3)$ , ...  $V_m(3)$  を測定し、第 2 実施例と同様な相関式  $m = a_0 + a_1(1) \cdot V_1(1) + a_2(1) \cdot V_2(1) + \dots + a_n(1) \cdot V_n(1) - a_1(2) \cdot V_1(2) - a_2(2) \cdot V_2(2) - \dots - a_n(2) \cdot V_n(2) + a_1(3) \cdot V_1(3) + a_2(3) \cdot V_2(3) + \dots + a_m(3) \cdot V_m(3)$  を用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

## 【0053】

同様にして、複数の電極 27a~27h に対して、図 3 及び図 2(a) (又は図 2(b)) 及び図 4(a) (又は図 4(b)) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、複数の第 1 電圧乃至第 3 電圧を測定し、第 3 実施例と同様な相関式を用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。また、複数の電極 27a~27h に対して、図 3 及び図 1(b) 及び図 2(a) (又は図 2(b)) 及び図 4(a) (又は図 4(b)) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、複数の第 1 電圧乃至第 4 電圧を測定し、第 4 実施例と同様な相関式を用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。第 1 乃至第 5 の実施例において、複数の電流周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することで、測定結果の信頼性が高まる。

## 【0054】

なお、本発明は、例えば、第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置と第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置とを組み合わせた装置としても実現できる。この場合、人体の皮下脂肪量及び内臓脂肪量のそれぞれを高精度に測定でき、しかも、内臓脂肪量/皮下脂肪量の比率 (V/S 比) を算出できる。また、内臓脂肪が高脂血症、糖尿病、高血圧などの生活習慣病の源泉になっているという医学的見地から、第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置で測定された内臓脂肪量に基づき、データ出力装置に健康アドバイスを表示することができる。また、本発明は内臓脂肪量として一般の内臓脂肪のみならず肝脂肪量の推定に用いることもできる。また、被

測定体として人体の腹部は勿論、大腿部や上腕等への適用も可能であり、それらの被測定部位の皮下脂肪量等を測定することができる。また、被測定体は人体に限定されることなく、豚、牛等の動物、まぐろ等の魚類であっても良く、これらの皮下脂肪量及び内部に存在する脂肪量も測定できる。

【 0 0 5 5 】

【発明の効果】

本発明によれば、インピーダンスCT法よりも極めて簡単で且つ高精度に体内脂肪量、特に、被測定体の皮下脂肪量及び内臓脂肪量を簡便且つ高精度に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図。

【図 2】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す主要構成図。

【図 3】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す主要構成図。

【図 4】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 4 実施例を示す主要構成図。

【図 5】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 5 実施例を示す構成図。

【符号の説明】

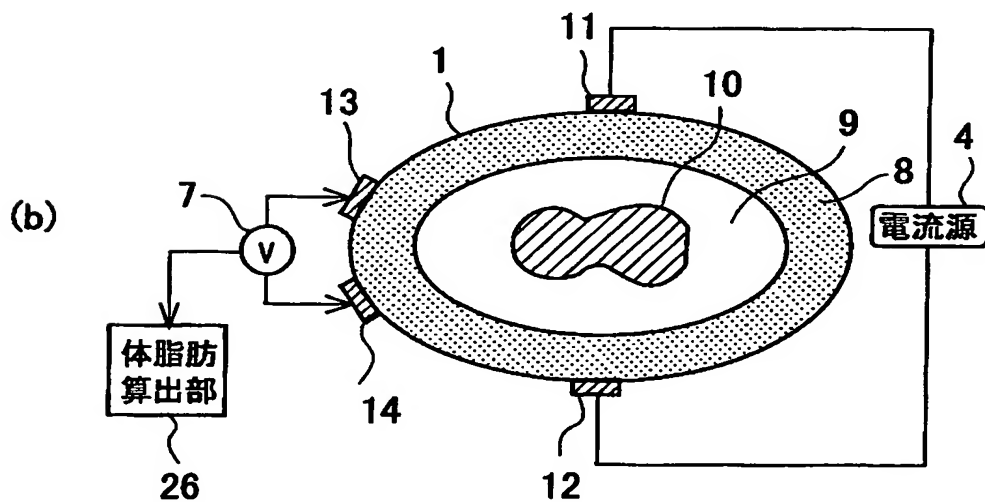
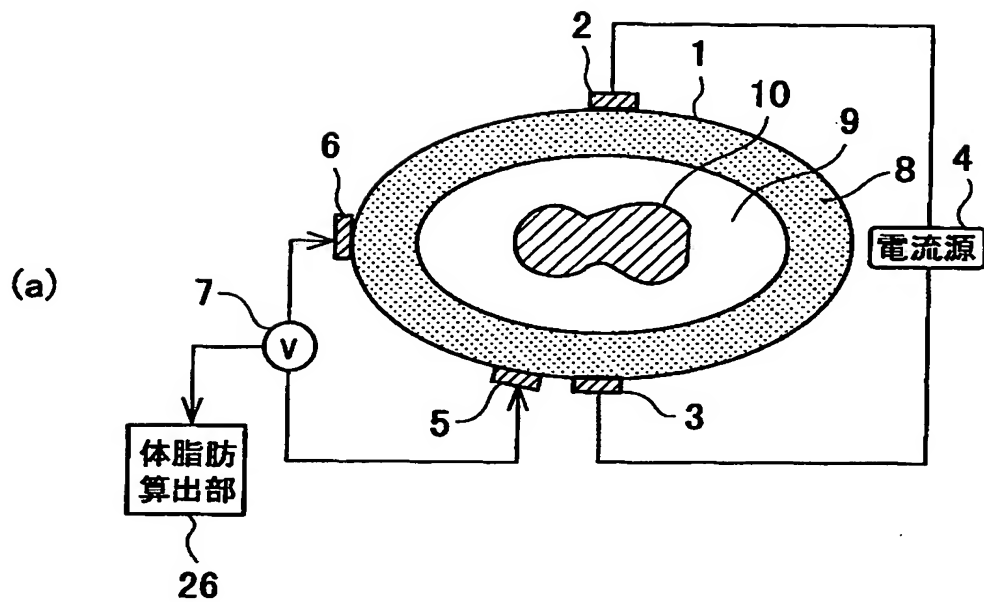
- 1 人体
- 2, 3 電流用電極
- 4 電流源
- 5, 6 測定用電極
- 7 電圧計
- 8 皮下脂肪
- 9 非脂肪
- 10 内臓脂肪

- 2 6 体脂肪算出部
- 2 8 電流電極選択用スイッチ
- 2 9 電圧電極選択用スイッチ
- 3 0 交流発振器
- 3 1 電圧・電流変換器
- 3 2 差動増幅器
- 3 3 A/D変換器
- 3 4 データ入力装置
- 3 5 データ出力装置
- 3 6 コンピュータ

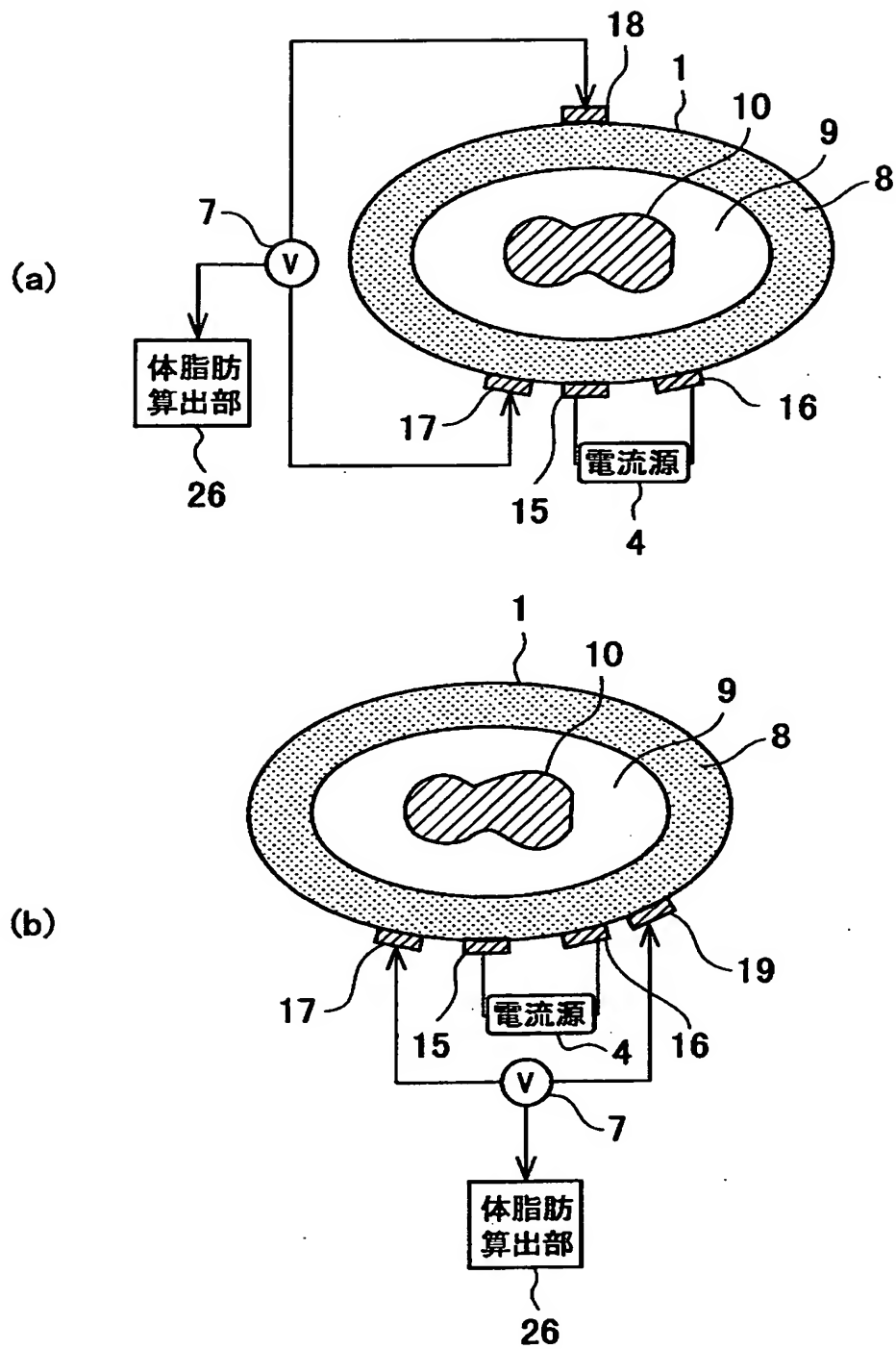
【書類名】

図面

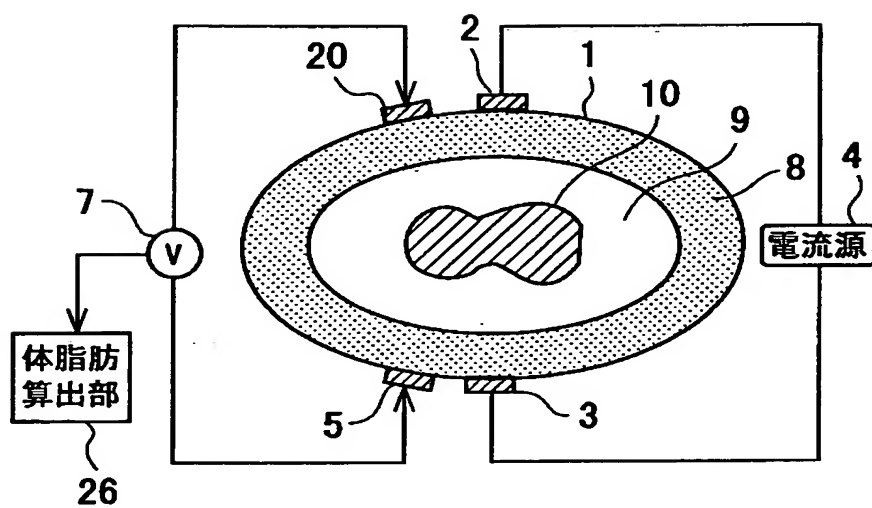
【図 1】



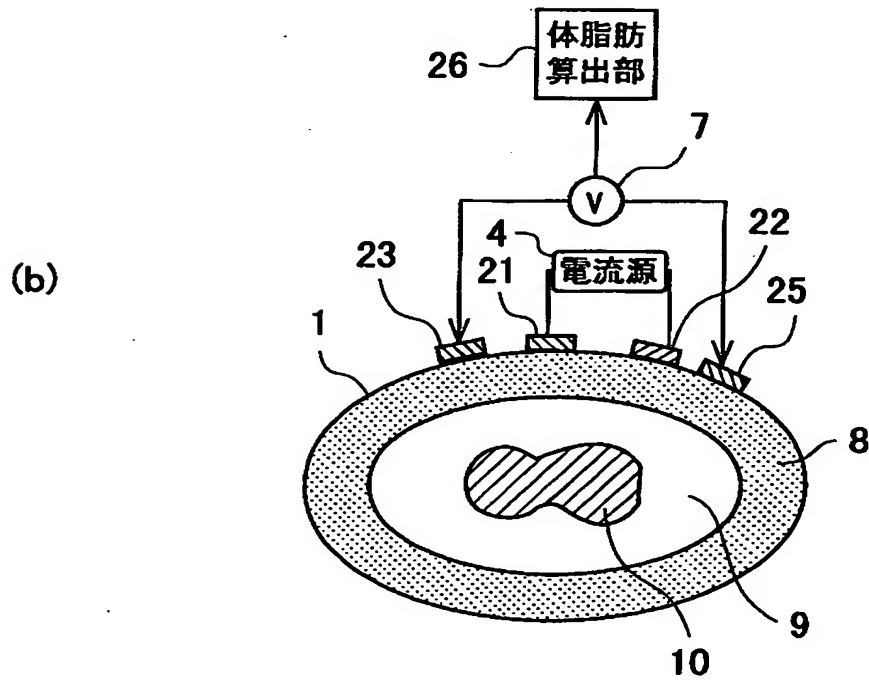
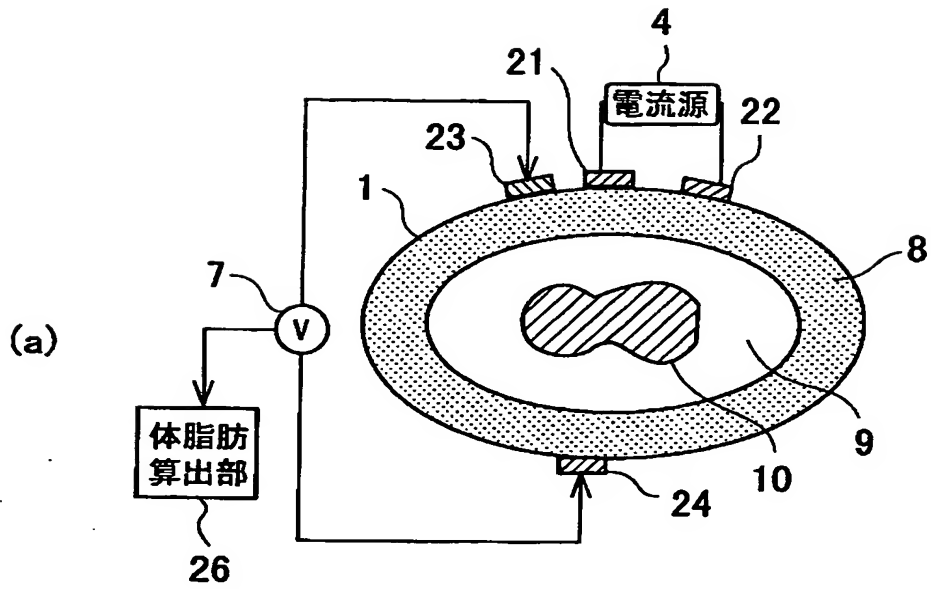
【図 2】



【図 3】

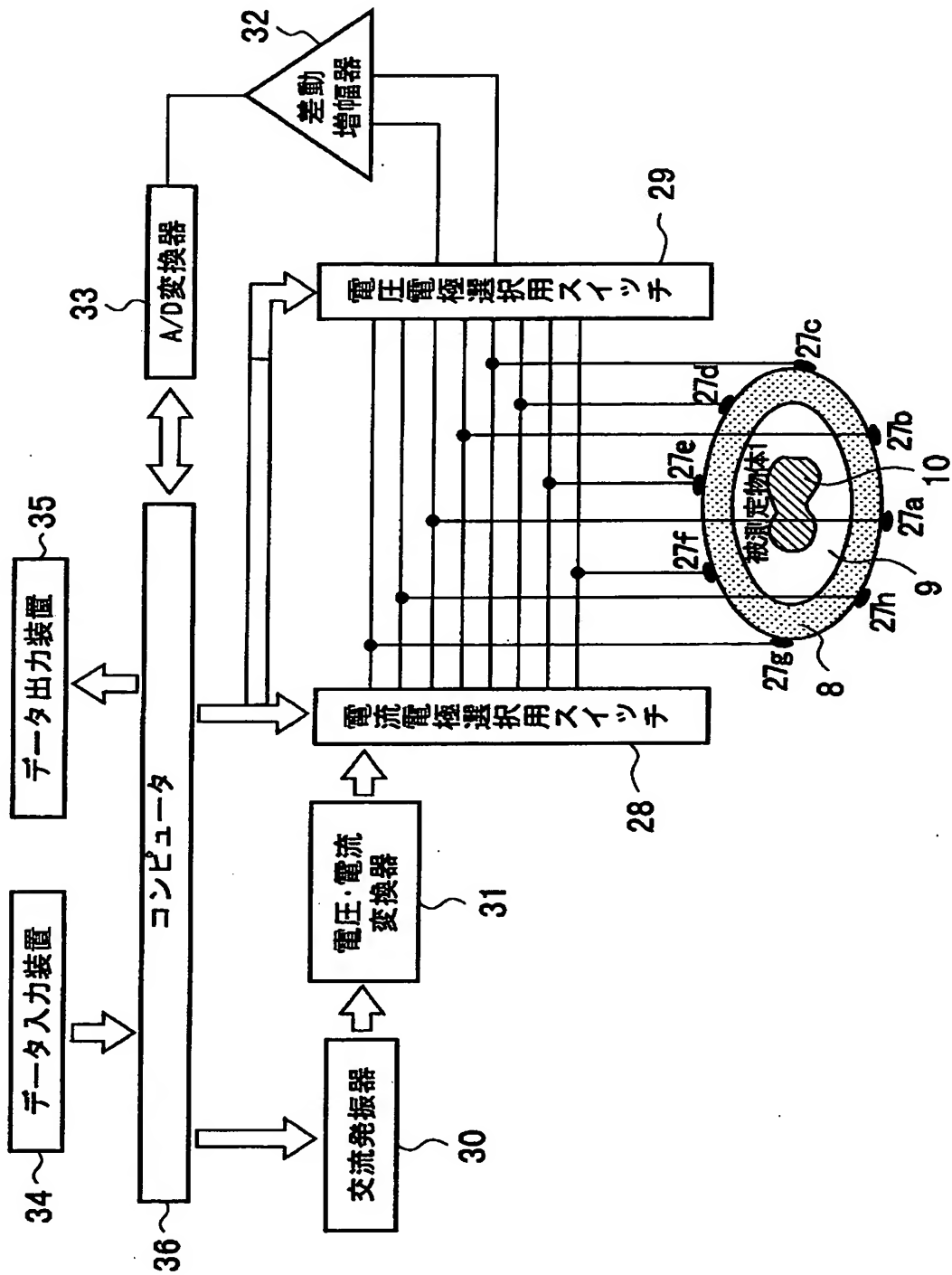


【図 4】





【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪量及び人体の内部に存在する内臓脂肪量を簡便且つ高精度に測定する体脂肪測定方法を提供する。

【解決手段】 人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した電流用電極 3 - 2 間に電流を流し電流用電極 3 の近傍に配置した第 1 測定用電極 5 及び人体 1 の外周上で電流用電極 3 - 2 間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極 6 間に発生する第 1 電圧を電圧計 7 で測定すると共に、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極 1 1 - 1 2 間に電流を流し人体 1 の外周上で第 3 及び第 4 電流用電極 1 1 - 1 2 間の略中間の位置に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生する第 2 電圧を測定し、第 1 電圧及び第 2 電圧に基づき人体 1 の皮下脂肪量を算出する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000918]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号
氏 名	花王株式会社

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**